

Andreas Wöhrmann, Institut für Polarökologie, Kiel

Neurobiologische Untersuchungen an antarktischen Fischen
(Notothenioidei)

Die antarktische Fischfauna ist aus verschiedenen Gründen besonders interessant für physiologische und biochemische Untersuchungen. So finden wir hier konstante tiefe Temperaturen ($-1,6^{\circ}\text{C}$), hohe Sauerstoffkonzentrationen und eine starke Saisonalität in der Eisbedeckung. Eine weit verbreitete und gut bekannte Anpassung an die tiefen Temperaturen ist der biologische Gefrierschutz. Aber auch im Gehirn muß gewährleistet sein, daß bei Minustemperaturen zum einen die Erregungsübertragung von einer Nervenzelle zur anderen funktioniert und zum anderen die Permeabilität der Nervenzellmembran bestehen bleibt.

Der molekulare Mechanismus der Erregungsübertragung in den Synapsen wird durch Änderungen der umgebenden physikalischen und chemischen Faktoren beeinflusst. So reagiert das Transmissionsgeschehen z. B. besonders empfindlich gegenüber Änderungen der Umgebungstemperatur (RAHMANN et al. 1983). Neben den üblichen Membranlipiden sind in den Synapsen vor allem Ganglioside angereichert. Es konnte gezeigt werden, daß die Ganglioside am langfristigen Prozeß der Temperaturadaptation maßgeblich beteiligt sind (BREER & RAHMANN 1976; RAHMANN 1982; RECKHAUS & RAHMANN 1983). Hierzu wurden schon erste Untersuchungen an antarktischen Fischen durchgeführt, die außergewöhnlich hoch polar organisierte Hirnganglioside erkennen ließen (RAHMANN & HILBIG 1980; RAHMANN et al. 1984; HILBIG & RAHMANN 1987).

Wahrscheinlich wurden die Hirnganglioside der Wirbeltiere im Verlauf der Phylogenese nicht nur gemäß der Organisationshöhe des Nervensystems, sondern auch nach ökophysiologischen Erfordernissen, speziell im Hinblick auf ein Überleben in der Kälte, selektioniert (RAHMANN 1983). Im Verlauf einer saisonalen Temperatur - Adaptation ändert sich z. B. die Zusammensetzung des Gangliosidmusters bei Karpfen beträchtlich: Im Sommer dominieren weniger polare Ganglioside im Vergleich zu stärker polaren im Winter. Diese Befunde lassen sich korrelieren mit ultrastrukturellen Veränderungen an den Synapsen: Im Sommer ist die Dichte der synaptischen Transmittervesikel aufgrund der Aktivität der Neurone wesentlich geringer, es werden keine Glykogengrana gespeichert und die Dicke der postsynaptischen Kontaktzone ist schwächer ausgeprägt (PROBST et al. 1985).

Die Gangliosidmuster von möglichst vielen verschiedenen Arten der Notothenioidei sollen untersucht werden. Gibt es Unterschiede im Gangliosidmuster, die zu korrelieren wären mit unterschiedlicher Lebensweise oder Vorkommen (Tiefenzonierung) der Art? Histologische und cytochemische Untersuchungen existieren bisher von den Notothenioidei noch nicht. Hier stellen sich folgende Fragen: Ist die Morphometrie des ZNS, die Ausprägung der synaptischen Kontaktzone, das Myelin und die Lokalisation von Ca^{2+} , sowie Ca^{2+} -ATPase in einer anderen Kondition als bei Nicht-Notothenioidei?

Material und Methoden

Während der Polarstern-Reise ANT VII 4 (EPOS 3) vom 13.1. - 10.3.1989 konnten im östlichen Weddellmeer Fischproben genommen werden. Die Stationen lagen im Gebiet von Halley Bay, Vestkapp und Kapp Norvegia. Zum Einsatz kamen das Grundschleppnetz, das benthopelagische Trawl und das Agassiz-Trawl. Außerdem wurden pelagische Larven mit dem Rectanglular Midwater Trawl RMT 1+8 M, dem Bongo-Netz und dem Fischlarven-Netz gefangen. Die Fische wurden nach dem Fang sofort in Durchflußbecken überführt und anschließend bearbeitet.

Insgesamt wurden 351 Fische von 42 Arten bearbeitet. Den Hauptteil machten die Notothenioidei aus (36 Arten, 337 Individuen) mit 11 Arten der Nototheniidae, vor allem Pleuragramma antarcticum und Trematomus lepidorhinus, 10 Arten der Channichthyidae, vor allem Chionodraco myersi, 7 Arten der Bathydraconidae und 8 Arten der Artedidraconidae.

Im wesentlichen wurden die Proben auf zweierlei Art und Weise genommen:

Zum einen wurden Gehirne (99 Proben) einzeln in Aluminiumgefäßen bei -80° C tiefgefroren. Diese Proben werden mit verschiedenen chromatographischen Methoden, u. a. der HPCL, an der Universität Stuttgart-Hohenheim bearbeitet werden. Außerdem wurden von den häufigen Arten (P. antarcticum, Chaenadraco wilsoni, Ch. myersi und Bathydraco marri) 50 oder mehr Gehirne für strukturchemische Untersuchungen an den Gangliosiden eingefroren. Diese werden in Zusammenarbeit mit EGGE (Bonn) und HANDA (Japan) durchgeführt.

Zum anderen wurden Gehirne für die Lichtmikroskopie und die Transmissions-Elektronenmikroskopie (TEM) fixiert. Als Fixierungsmittel wurde Bonin für die Lichtmikroskopie und Glutaraldehyd in Phosphatpuffer bzw. Paraform-/Glutaraldehyd in Na-Cacodylatpuffer für die TEM benutzt. Insgesamt wurden 95 Gehirne und 24 Fischlarven fixiert.

Erste Ergebnisse und Beobachtungen

Da sämtliche Analysen erst im Labor durchgeführt werden können, beschränkt sich dieser Teil auf Beobachtungen, die während der Preparation der Fische gemacht wurden.

Das Gehirn der Channichthyidae liegt direkt unter dem sehr weichen, knorpeligen Cranium. In einigen Fällen ist es durch das Cranium hindurch auszumachen. Eine ähnliche Situation, nur abgeschwächt, finden wir bei den Bathydraconidae vor. Dagegen liegt vor allem bei den Nototheniidae das Gehirn tief im Schädel eingebettet in einer fettigen, gelatinösen Masse.

Auffällig ist auch die Größe des Gehirns relativ zum Frischgewicht. So zeigen die Channichthyidae mit Abstand das größte (relativ) Gehirn mit einem gut ausgeprägten Tectum opticum, das in Verbindung mit den großen Augen auf eine für die Wassertiefe (300 - 600 m) gute Sehleistung schließen läßt. Auch hier kann man sagen, daß die relative Gehirngröße von den Bathydraconidae über die Artedidraconidae zu den Nototheniidae hin abnimmt. Der biologische "Sinn" ist noch unklar. Bei allen Familien ist das Tectum opticum gut ausgeprägt.

4. Literatur

- BREER, H. & RAHMANN, H. (1976): Involvement of brain gangliosides in temperature adaptation of fish. - J. therm. Biol. 1, 223-235.
- HILBIG, R. & RAHMANN, H. (1987): Phylogeny of vertebrate brain gangliosides. - NATO ASI Series, Vol. H7. Gangliosides and Modulation of Neuronal Functions. Edited by H. RAHMANN. Springer, Berlin Heidelberg.
- PROBST, W., SESTER, U., CHOMS, A. & RAHMANN, H. (1985): Synaptische Plastizität und Temperaturadaptation. - Biomass-Report.
- RAHMANN, H. (1982): Possible function of brain gangliosides in survival in the cold. - Adv. Exper. Med. Biol. 152, 307-314.
- RAHMANN, H. (1983): Functional implication of gangliosides in synaptic transmission. - Neurochem. Intern. 5, 539-547.
- RAHMANN, H. & HILBIG, R. (1980): Brain gangliosides are involved in the adaptation of antarctic fish to extreme low temperature. - Naturwissenschaften 67, 259-260.

RAHMANN, H., HILBIG, R., PROBST, W. & MÜHLEISEN, M. (1983):
Involvement of temperature in the composition of fish brain
gangliosides. - J. therm. Biol. 8, 107-109.

RAHMANN, H., SCHNEPPENHEIM, R., HILBIG, R. & LAUKE, G. (1984):
Variability in brain ganglioside composition: a further
molecular mechanism beside serum antifreeze-glycoproteins
for adaptation to cold in antarctic and arctic-boreal
fishes. - Polar Biol. 3, 119-125.

RECKHAUS, W. & RAHMANN, H. (1983): Long-term thermal adaptation
of evoked potentials in fish brain. - J. therm. Biol. 8,
456-457.